

## BEST AVAILABLE COPY

Particulars of KOKAI (Laid-Open) Specification

Patent KOKAI (Laid-Open) No. 3-274272 (Ref 1)

Laid-Open Date: December 5, 1991

Request for Examination\*1: Not yet

Patent Application No. 2-76029

Application Date: March 26, 1990

Convention Priority(ies): None

Inventors\*2: UCHIDA, Shinji, et al.

Applicant\*2: MATSUSHITA DENKI SANGYO KK

Title of the Invention: OPTICAL THIN FILM, METHOD OF PRODUCING THE SAME AND OPTICAL WAVEGUIDE

## (Notes

\*1: at laid-open date

\*2: Names of individual and corporation have been phonetically translated)

English Language Translations of Selected Parts

## [Claim 1]

A optical thin film which is formed from a silicon nitride film or a silicon oxynitride film, wherein the film satisfies the following formula:

$$\lambda \leq 107 \times n + 14$$

(In the formula,  $\lambda$  represents a wavelength of absorption edge (unit; nm) where the absorption is 1 at nearly 1  $\mu\text{m}$  of film thickness, and n represents an index of refraction.)

[Page 1, lower right column, line 13 to page 2, upper left column, line 1]

< Problem to be solved by the present invention >

Waveguide properties of conventional thin films have been generally 5dB/cm to several+ dB/cm in transmission loss, and a good transmission efficiency has not been available.

In the field of optical devices such as optical communication devices and thin film optical heads, a good optical waveguide having a transmission loss of 1 dB/cm or less has been desired. In view of such a problem, an object of the present invention is to provide an optical thin film or an optical waveguide having a small transmission loss.

[page 2, upper left column, lines 2 to 12]

< Means for solving the problem >

In reference to a silicon nitride film or a silicon oxynitride film, a optical film satisfying the following formula is used as an optical waveguide:  $\lambda \leq 107 \times n + 14$  (In the formula, the index of refraction is defined as n, and the wavelength of

absorption edge (unit; nm) is defined as  $\lambda$ .)

As a method of producing the optical thin film, adopted is Plasma CVD method wherein  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{N}_2$  are used as a reaction gas, and a ratio of flow rate by volume of  $\text{NH}_3$  to that of  $\text{SiH}_4$  ( $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$ ) is set to 2.5 or more.

[page 2, upper left column, lines 13 to 16]

< The present invention's actions >

Satisfying the above-mentioned formula and the film production conditions can achieve stably an optical thin film or an optical waveguide having a remarkably reduced transmission loss.

[page 2, upper left column, line 19 to lower left column, line 2]

Examples of the present invention are explained below.

An optical thin film of silicon nitride film (i.e.,  $\text{SiN}$  film) was formed on a substrate as an optical waveguide by a Plasma CVD method where  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  and  $\text{N}_2$  were used as a reaction gas under the conditions of a substrate temperature of  $300^\circ\text{C}$ , a pressure of 0.5 torr and a RF frequency of 400 Hz. The film thickness was about  $1\ \mu\text{m}$ .

Variety of silicon nitride films were produced at the flow rate of  $\text{N}_2$  of 1000 SCCM while changing the flow rates of  $\text{SiH}_4$  and  $\text{NH}_3$ , and the results as to a relationship between the ratio of the flow rates (hereinafter, the ratio of the flow rates of  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$  is just referred to as the ratio of the flow rates), the wavelengths of absorption edge and the transmission losses were summarized in Table 1. In this specification, the transmission losses were determined by guiding He-Ne laser (wavelength; 632.8 nm) into the optical waveguides through a Prism-Kapler method and evaluating the degrees of damping of scattered light intensities.

Table 1 revealed the presence of a distinct correlation between the ratios of the flow rates, the wavelengths of absorption edge and the transmission losses wherein the greater the ratios of the flow rates were, the shorter the wavelengths of absorption edge were, and further the greater the ratios of the flow rates were, the smaller the transmission losses were. In particular, the waveguides, which had the ratios of the flow rates of 2.5 or more and the wavelengths of absorption edge of 216 nm or less, had concurrently the transmission losses of 1 dB/cm or less. The results demonstrated a development of remarkably excellent optical properties. Incidentally in this case, the index of refraction  $n$  of the thin film was 1.89.

上記の関係式または成膜条件を満たすことにより、伝搬損失を著しく低減化した光学薄膜 光導波路が安定して実現できるものである。

### 実施例

以下に、本発明の実施例につき説明を行なう。

プラズマCVD法により、基板温度300℃、圧力0.5 torr、RF周波数400 Hzの条件下で

には  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$

第1表より、流量は著しい相関性があ端波長は短波長となることがわかる。と収端波長が216 r 1 dB/cm以下となり

きることがわかる。なお、このときの薄膜の屈折率  $n$  は1.89である。

Ratio of flow rates  
Transmission loss

第1表

表

Table 1

流量比 (Upper value + 上段) 伝搬損失 (Lower value + 下段)	吸収端波長 Wavelength of absorption edge
0.5 10.0 dB/cm	255 nm
1.0 5.0 dB/cm	246 nm
2.5 1.0 dB/cm	216 nm
5.0 0.5 dB/cm	214 nm

N膜)の光学薄膜の  
前述の  $\text{SiH}_4$ 、  
 $\text{N}_2\text{O}$ を用いること  
リコンオキシナイ  
て光導波路とした。

基板温度300℃  
400 Hz、 $\text{N}_2 =$   
CMの条件下で、各  
量比 ( $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$ )  
係を求めた結果を

第2表より、シ  
光学薄膜において  
光学薄膜の場合と  
もに吸収端波長は  
くなっていること  
とくに、流量比  
nmのものは伝搬  
性を実現できてい  
きの光導波路の屈

次に、シリコンオキシナイトライド膜 ( $\text{SiO}_2$ )

[page 2, lower left column, bottom line to lower right column, bottom line]

Subsequently, an optical thin film of silicon oxynitride film (i.e., SiON film) is explained below.

An optical thin film of silicon oxynitride film (i.e., SiON film) having the value of index of refraction of 1.6-1.8 was formed as an optical waveguide by using  $N_2O$  in addition to the above-mentioned reaction gas of  $SiH_4$ ,  $NH_3$  and  $N_2$ . The film thickness was 1  $\mu m$ .

Variety of silicon oxynitride films were produced at the flow rate of  $N_2$  of 1000 SCCM and the flow rate of  $N_2O$  of 75 SCCM while changing the flow rates of components contained in the reaction gas, under the conditions of a substrate temperature of 300 °C, a pressure of 0.5 torr and a RF frequency of 400 Hz. The results as to a relationship between the flow rates ( $NH_3/SiH_4$ ), the wavelengths of absorption edge and the transmission losses were summarized in Table 2.

Table 2 also revealed that, in connection with the optical thin films of silicon oxynitride films, the greater the ratios of the flow rates were, the shorter the wavelengths of absorption edge were, and further the greater the ratios of the flow rates were, the smaller the transmission losses were. That was as in the case of the above-mentioned optical thin films of silicon nitride films. In particular, the waveguide, which had the ratio of the flow rates of 2.5 and the wavelength of absorption edge of 197 nm, had concurrently the transmission loss of less than 1 dB/cm. The results also demonstrated a development of excellent optical properties. Incidentally, the value of index of refraction of the optical waveguide at the transmission loss of 1 dB/cm was 1.75.

Ratio of flow rates (Upper value)  
Transmission Loss (Lower value)  
第 2 表 ← Table 2

流量比 (上段) 伝搬損失 (下段)	吸収端波長 Wavelength of absorption edge
0.5 5.0 dB/cm	236 nm
1.5 2.0 dB/cm	220 nm
2.5 0.5 dB/cm	197 nm

薄膜の屈折率は、主にN<sub>2</sub>Oの流量に依存し、その流量が大きい程屈折率は小さくなっている。

第1図は、N<sub>2</sub>Oの流量を変化させ、種々の屈折率の光導波路を作成し、流量比(NH<sub>3</sub>/SiH<sub>4</sub>)をパラメータにして屈折率と吸収端波長と伝搬損失との関係を求めた結果である。第1図において

イトライド膜の光学薄膜の屈折率と吸収端波長の関係について良くあてはまるものである。

更に、基板温度を常温～300℃、圧力を0.3 torr～0.9 torr、RF周波数13.56 MHzの成膜条件下や、上記実施例で用いた以外のプラズマCVD装置やECRプラズマCVD法、光CVD法等で形成したシリコンナイトライド膜およびシリコンオキシナイトライド膜の光学薄膜について同

は  
が  
の  
屈  
の  
れ  
屈  
立  
波  
示  
く  
:  
:  
る  
お  
な  
シ  
:  
:  
形  
れ  
幅  
の  
な

[page 3, upper left column, line 15 to lower left column, line 2]

The values of index of refraction of thin films mainly depended on the flow rates of  $N_2O$ , and the greater the flow rates were, the smaller the values of index of refraction of the thin films were.

Optical waveguides having different values of index of refraction were produced while changing the flow rate of  $N_2O$ . In Figure 1, in connection with the optical waveguides, the relationship between the values of index of refraction, the wavelengths of absorption edge and the transmission losses was determined while assigning the ratios of the flow rates ( $NH_3/SiH_4$ ) to the parameter. Figure 1 included the case of the  $N_2O$  flow rate of zero, i.e., the case of formation of silicon nitride film.

In Figure 1, the longitudinal axis represented the scale of index of refraction and the vertical axis represented the scale of wavelength of absorption edge. When the wavelengths of absorption edge were observed at a specific value of index of refraction, Figure 1 revealed that the shorter the wavelengths of absorption edge were, the smaller the transmission losses were, and on the contrary the longer the wavelengths of absorption edge were, the larger the transmission losses were. Such a tendency applied to all range of index of refraction of 1.6 to 1.9.

In Figure 1, black circles represented a relationship between the values of index of refraction and the wavelengths of absorption edge which could achieve the transmission loss of 1.0 dB/cm. The results of black circles revealed that the smaller the values of index of refraction were, the shorter the wavelengths of absorption edge were.

As shown by a broken line in Figure 1, the relationship between the wavelengths of absorption edge ( $\lambda$ ) and the values of index of refraction ( $n$ ) which could achieve the transmission loss of 1.0 dB/cm satisfied the following formula:

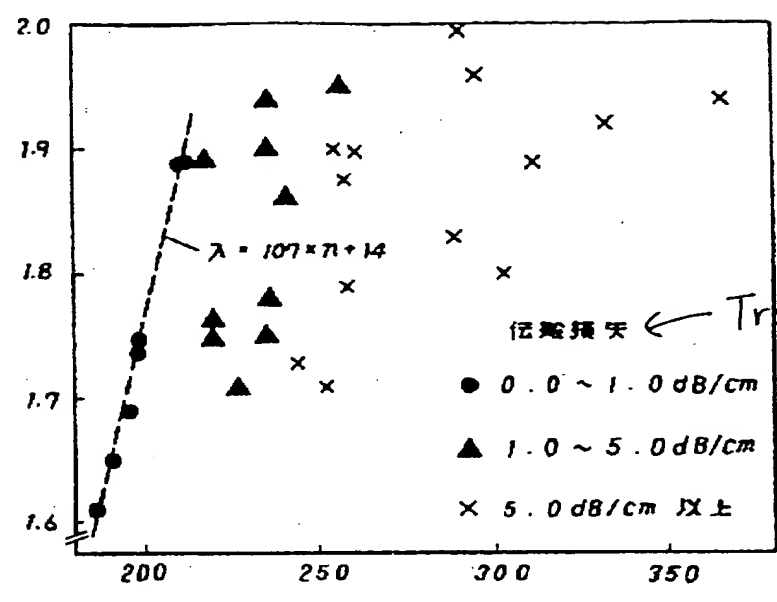
$$\lambda \leq 107 \times n + 14 \text{ -- (1)}$$

This formula could be appropriately satisfied by a relationship between values of index of refraction and wavelengths of absorption edge in connection with the above-mentioned optical thin films of silicon nitride film and silicon oxynitride film having the transmission loss of 1.0 dB/cm or less.

Figure 1

第 1 図

屈折率  $n$   
Index of refraction ( $n$ )



吸収係数波長  $\lambda$  (単位: nm)

Unit

Wavelength of absorption edge

伝送損失 ← Transmission loss

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-274272 Ref.1

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>C 23 C 16/30  
16/34  
G 02 B 6/12

識別記号

庁内整理番号

M

8722-4K  
8722-4K  
7036-2K

⑬ 公開 平成3年(1991)12月5日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全4頁)

⑭ 発明の名称 光学薄膜とその製造方法および光導波路

⑰ 特 願 平2-76029

⑱ 出 願 平2(1990)3月26日

⑲ 発 明 者	内 田 真 司	大阪府門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
⑲ 発 明 者	西 脇 青 児	大阪府門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
⑲ 発 明 者	麻 田 潤 一	大阪府門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
⑳ 出 願 人	松下電器産業株式会社	大阪府門真市大字門真1006番地	
㉑ 代 理 人	弁理士 栗野 重孝	外1名	

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

光学薄膜とその製造方法および光導波路

## 2. 特許請求の範囲

(1) 膜厚  $1\mu\text{m}$  あたりの吸光度が1となる吸収端波長  $\lambda$  (単位 nm) が、屈折率  $n$  に対し

$$\lambda \leq 107 \times n + 14$$

の関係式を満たす、シリコンナイトライド膜もしくはシリコンオキシナイトライド膜で形成されたことを特徴とする光学薄膜

(2) シリコンナイトライド膜もしくはシリコンオキシナイトライド膜を、プラズマCVD法により、反応ガスに  $\text{SiH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{N}_2$  を用いると共に  $\text{NH}_3$  と  $\text{SiH}_4$  の体積流量比 ( $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$ ) を2.5以上として成膜することを特徴とする請求項1記載の光学薄膜の製造方法

(3) 請求項1記載の光学薄膜により形成された光導波路。

## 3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、光学薄膜及びその製造方法並びにそれを用いた光導波路に関し、特に光通信デバイス、薄膜光ヘッド等の光学デバイス等に用いて有用なものである。

## 従来の技術

例えば、従来よりシリコンナイトライド膜 ( $\text{SiN}$  膜) もしくはシリコンオキシナイトライド膜 ( $\text{SiON}$  膜) は、耐湿性、耐アルカリ性、機械的強度が優れる等の理由で主に半導体のパッシベーション膜として用いられ、また、近年これらの薄膜を導波路等の光学薄膜として用いる研究がなされている。

## 発明が解決しようとする課題

しかしながら、従来における薄膜の導波特性は一般に、伝搬損失が  $5\text{dB/cm}$  ~ 数十  $\text{dB/cm}$  であり良好な伝送効率が得られていなかった。

光通信デバイス、薄膜光ヘッド等に代表される光学デバイスにおいては、伝搬損失が  $1\text{dB/cm}$  以下の良好な光導波路が要望されており、本発明はかかる点に鑑み、伝搬損失の小さい光学薄膜、光導



波路を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

シリコンナイトライド膜もしくはシリコンオキシナイトライド膜について、その屈折率を $n$ としたときに、その吸収端波長 $\lambda$  (単位nm)が

$$\lambda \leq 107 \times n + 14$$

の関係式を満たす光学薄膜を光導波路として用いる。

また、この光学薄膜の製造方法として、反応ガスに $\text{SiH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{N}_2$ を用い、かつ $\text{NH}_3$ と $\text{SiH}_4$ の体積流量比( $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$ )を2.5以上としてプラズマCVD法を用いる。

作用

上記の関係式または成膜条件を満たすことにより、伝搬損失を著しく低減化した光学薄膜、光導波路が安定して実現できるものである。

実施例

以下に、本発明の実施例につき説明を行なう。

プラズマCVD法により、基板温度300℃、圧力0.5 torr、RF周波数400 Hzの条件下で

することがわかる。なお、このときの薄膜の屈折率 $n$ は1.89である。

第1表

流量比 (上段) 伝搬損失 (下段)	吸収端波長
0.5 10.0 dB/cm	255 nm
1.0 5.0 dB/cm	246 nm
2.5 1.0 dB/cm	216 nm
5.0 0.5 dB/cm	214 nm

次に、シリコンオキシナイトライド膜( $\text{SiO}$

反応ガスとして $\text{SiH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2$ を用い基板上にシリコンナイトライド膜( $\text{SiN}$ 膜)の光学薄膜を形成して光導波路とした。なお、膜厚は約1  $\mu\text{m}$ とした。

$\text{N}_2$ の流量を1000 SCCMとして、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ の流量を変化させて、種々のシリコンナイトライド膜を作成し、流量比( $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$ )と吸収端波長と伝搬損失との関係を求めた結果を第1表に示す。ここで、伝搬損失はプリズムカブラー法で光導波路内にHe-Neレーザー光(波長: 632.8 nm)を導波させ、その散乱光強度の減衰度合から評価した。

なお、表1を含めて、以後、流量比と言う場合には $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$ の値を言うこととする。

第1表より、流量比、吸収端波長、伝搬損失には著しい相関性があり、流量比が増大する程吸収端波長は短波長となり、また伝搬損失が小さくなることがわかる。とくに、流量比が2.5以上で吸収端波長が216 nm以下のものは、伝搬損失が1 dB/cm以下となり極めて良好な光学特性が実現で

$\text{N}$ 膜)の光学薄膜の場合につき説明する。

前述の $\text{SiH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2$ の反応ガスに加えて $\text{N}_2\text{O}$ を用いることで、屈折率が1.6~1.8のシリコンオキシナイトライド膜の光学薄膜を形成して光導波路とした。なお、膜厚は1  $\mu\text{m}$ とした。

基板温度300℃、圧力0.5 torr、RF周波数400 Hz、 $\text{N}_2=1000$  SCCM、 $\text{N}_2\text{O}=75$  SCCMの条件下で、各反応ガスの流量を変化させ、流量比( $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$ )と吸収端波長と伝搬損失との関係を求めた結果を第2表に示す。

第2表より、シリコンオキシナイトライド膜の光学薄膜においても、シリコンナイトライド膜の光学薄膜の場合と同様に、流量比が増大するとともに吸収端波長は短波長となり、伝搬損失は小さくなっていることがわかる。

とくに、流量比が2.5以上で吸収端波長197 nmのものは伝搬損失1 dB/cm以下の良好な光学特性を実現できている。なお、伝搬損失1 dB/cmのときの光導波路の屈折率は1.75である。

(以下、余白)

第 2 表

流量比 (上段) 伝搬損失 (下段)	吸収端波長
0.5 5.0 dB/cm	238 nm
1.5 2.0 dB/cm	220 nm
2.5 0.5 dB/cm	197 nm

薄膜の屈折率は、主にN<sub>2</sub>Oの流量に依存し、その流量が大きい程屈折率は小さくなっている。

第1図は、N<sub>2</sub>Oの流量を変化させ、種々の屈折率の光導波路を作成し、流量比(NH<sub>3</sub>/SiH<sub>4</sub>)をパラメータにして屈折率と吸収端波長と伝搬損失との関係を求めた結果である。第1図において

イトライド膜の光学薄膜の屈折率と吸収端波長の関係について良くあてはまるものである。

更に、基板温度を常温～300℃、圧力を0.3 torr～0.9 torr、RF周波数13.56 MHzの成膜条件下や、上記実施例で用いた以外のプラズマCVD装置やECRプラズマCVD法、光CVD法等で形成したシリコンナイトライド膜およびシリコンオキシナイトライド膜の光学薄膜について同様の実験を行なった結果、屈折率と吸収端波長が式(1)をほぼ満たすものはすべて、伝搬損失が小さく、良好な光学特性を実現できた。

なお、ECRプラズマCVD法、光CVD法でも、吸収端波長は流量比(NH<sub>3</sub>/SiH<sub>4</sub>)に依存し、流量比を2.5以上にすることで式(1)をほぼ満たす光導波路が形成できた。

また、ここではHe-Neレーザー(波長: 632.8 nm)について述べたが、波長が780 nm、830 nm等の光源を用いても、式(1)をほぼ満たす光導波路はすべて良好な光学特性が得られた。

は、N<sub>2</sub>Oの流量を変化させるにあたり、その流量が零の場合すなわちシリコンナイトライド膜形成の場合も含めて示している。

縦軸が屈折率を示し、横軸が吸収端波長を示す。屈折率を固定して考えると、吸収端波長が短波長のものほど伝搬損失は小さく、長波長になるにつれ大きくなっていることがわかる。この傾向は屈折率が1.6～1.9の範囲のすべてにおいて成立している。

伝搬損失1.0 dB/cmを実現する屈折率と吸収端波長の関係は第1図において塗りつぶした黒丸で示されており、屈折率が小さい程吸収端波長は短くなる。

そして、この伝搬損失1.0 dB/cm以下を実現する吸収端波長λと屈折率nとの間には、第1図において破線で示す通り

$$\lambda = 107 \times n + 14 \quad \dots (1)$$

なる関係が成立している。

この関係式は、前述の伝搬損失が1 dB/cm以下のシリコンナイトライド膜およびシリコンオキシナ

なお、本発明の光導波路は、基板上に例えば円形あるいは矩形状等の様に広がりをもって形成された膜状のものであっても、あるいは例えば所定幅、所定膜厚で所定の経路に沿って形成されたものであっても良いことは勿論である。

#### 発明の効果

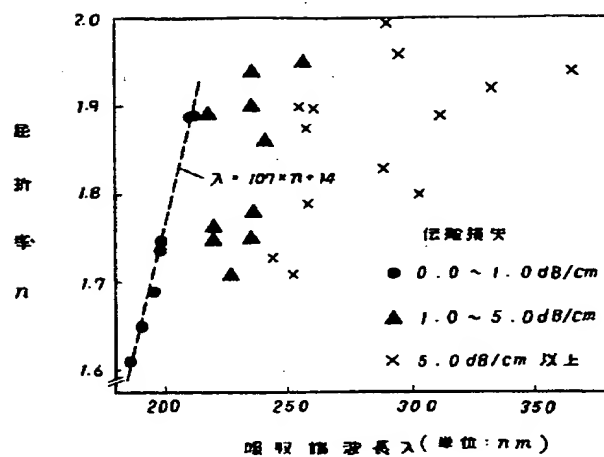
以上説明したように、本発明によれば、従来にない優れた光学的特性の光学薄膜、光導波路を安定して得ることができ、その効果は大なるものである。

#### 4、図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例における光導波路の伝搬損失特性図である。

代理人の氏名 弁理士 栗野重孝 ほか1名

第 1 図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**